

# 三菱重工の原子力事業とその人材育成



2009年11月11日



遠山 眞

三菱重工業(株) 原子力事業本部 原子力技術部



**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.**

# 目次

- I. 三菱重工の原子力技術
- II. 三菱重工原子力事業の歩み
- III. 原子力プラントメーカーに求められる技術力
- IV. 三菱重工の人材育成システム(原子力)と  
原子力人材育成への協力
- V. 原子力人材育成の役割分担
- VI. 原子力人材に求めるもの
- VII. 卒業生に期待するもの

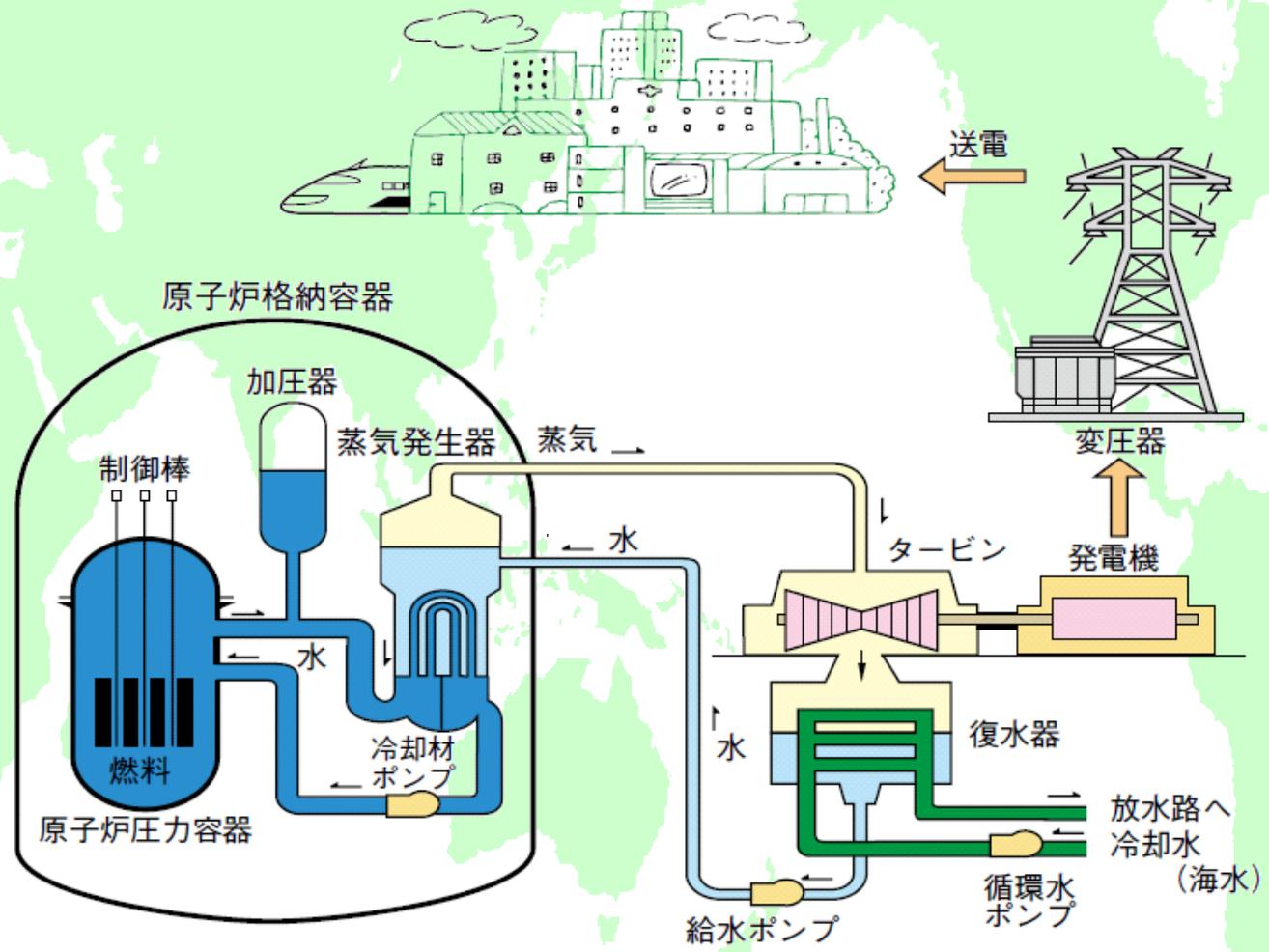
# I. 三菱重工の原子力技術

## 三菱重工の主な事業所の場所



# I. 三菱重工の原子力技術

## 加圧水型炉(PWR)原子力発電のしくみ



出典：資源エネルギー庁「原子力2008」

# Ⅰ. 三菱重工の原子力技術

## ■ 「シングル・レスポンスビリティ」を可能とする総合的技術

- ✓ 概念検討・基本設計・詳細設計・製造・建設から保全サービスまでもカバー
- ✓ 一次系(N/I)から二次系(T/I)までカバー



## ■ 世界に通用する品質保証

- ✓ 単体原子力機器輸出を数多く経験

例：蒸気発生器、原子炉容器、上部原子炉容器、タービン等

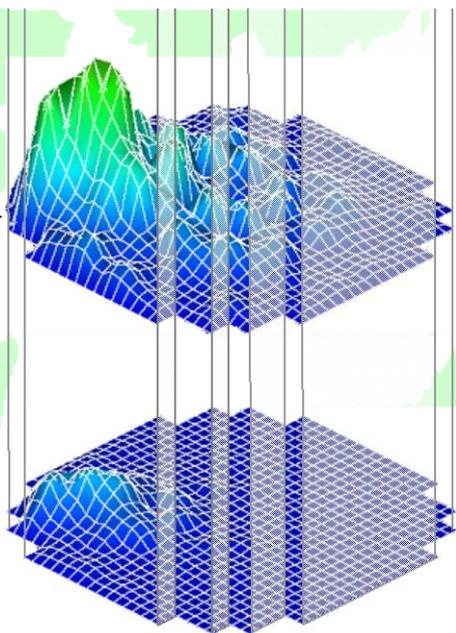
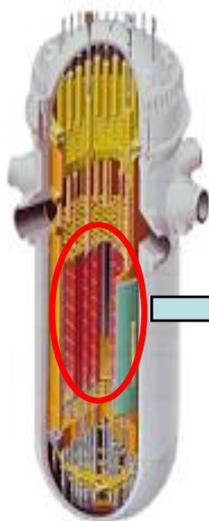


# I. 三菱重工の原子力技術

## 炉心設計・安全解析技術

### PWRの炉心設計・安全解析を一貫実施可能

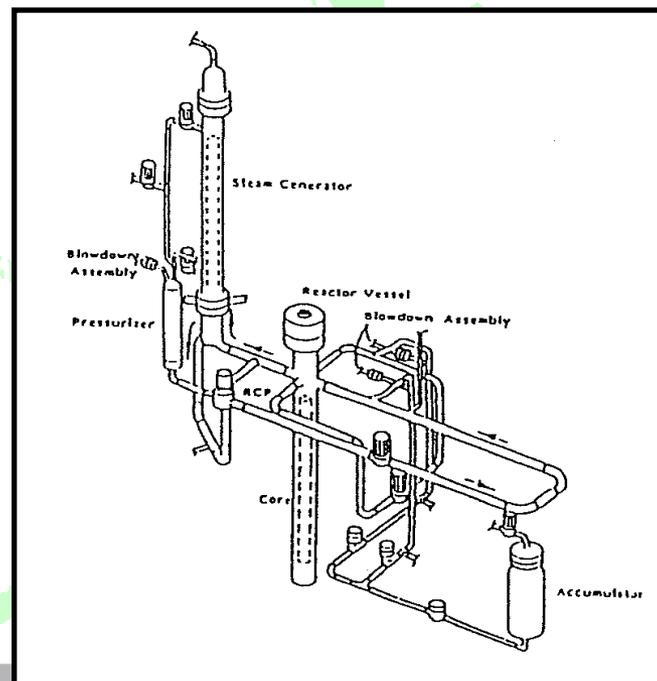
- 世界最先端の解析プログラムを開発



安全解析事例

- 自社大規模実証装置による解析プログラム実証

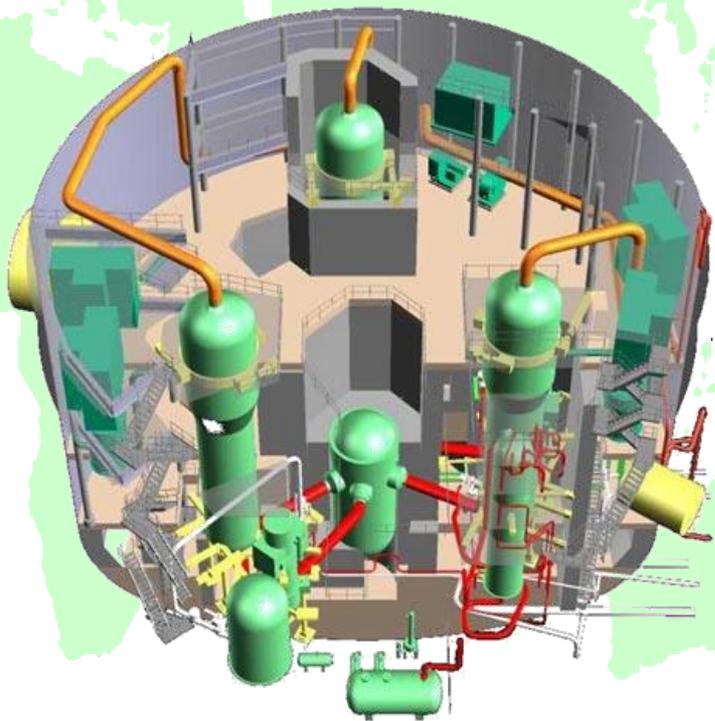
- LOCA(1次冷却材喪失事故)解析プログラム 実証装置



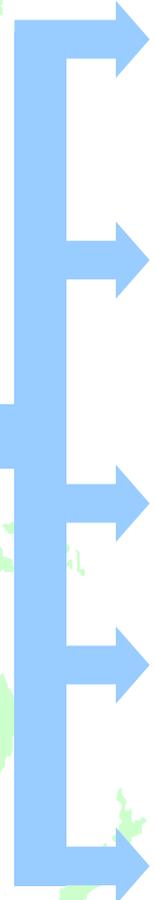
# I. 三菱重工の原子力技術

## プラント開発設計技術

プラント開発・設計・製造・建設の一貫した 共通データベースで、  
製造・建設を支援



共通データベースの例



**材料の調達管理**

**CAMによる製造**

**溶接検査**

**現地据付け検査**

**建設工程管理**

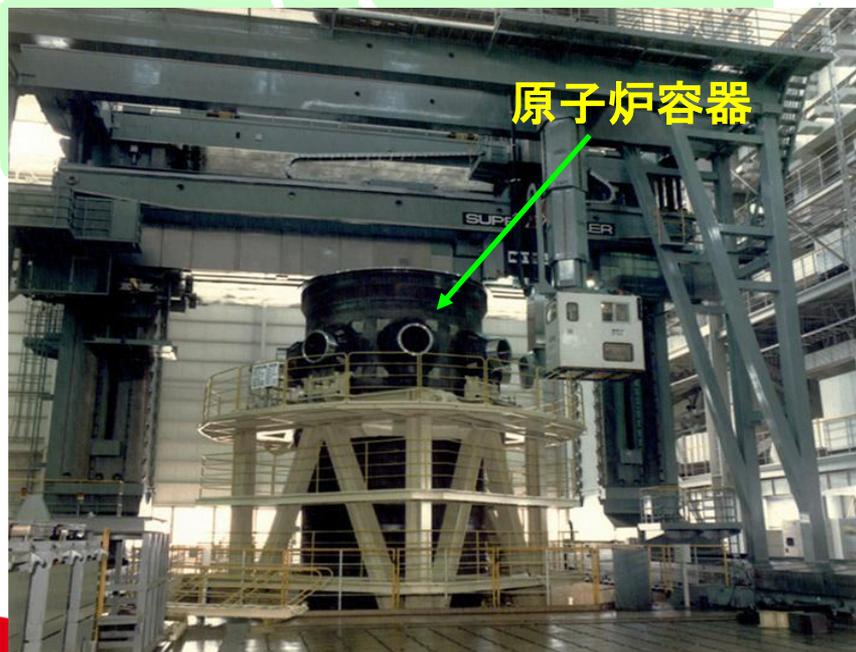
検査番号	検査項目	検査結果	検査日	検査員
421 0200 PMA0	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA1	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA2	AC	2000/06/14	2000/06/14	2000/1
421 0200 PMA3	AC	1999/05/27	1999/06/11	2000/1
421 0200 PMA4	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA5	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA6	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA7	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA8	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA9	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA10	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA11	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA12	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA13	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA14	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA15	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA16	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA17	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA18	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA19	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA20	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA21	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA22	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA23	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA24	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1
421 0200 PMA25	AC	1999/05/27	1999/06/10	2000/1

# I. 三菱重工の原子力技術

## 機器製造技術

### 超大型複合工作機 “スーパーミラー”

高精度・高品質加工が 縦置きで可能な  
世界唯一の超大型工作機械



### 蒸気発生器伝熱管 挿入作業

約10,000本の伝熱管を蒸気発生器へ  
高精度に挿入組立



# I. 三菱重工の原子力技術 プラント建設技術

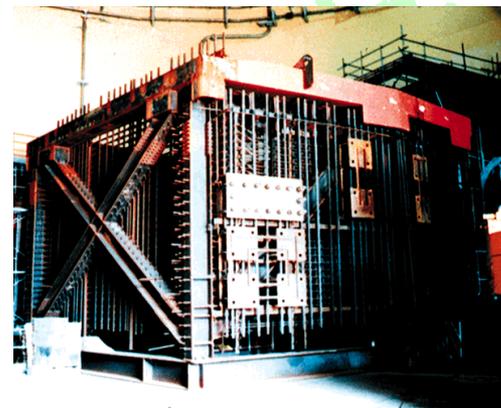
## 現地作業の低減



土木-建築作業の  
統合的プロジェクト工程管理

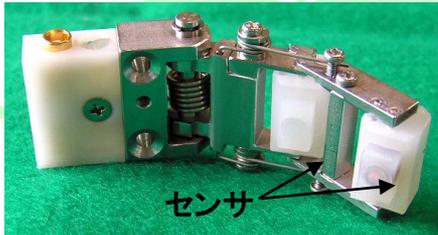


SC(鋼板コンクリート) 内部構造



プレハブ大型ブロック

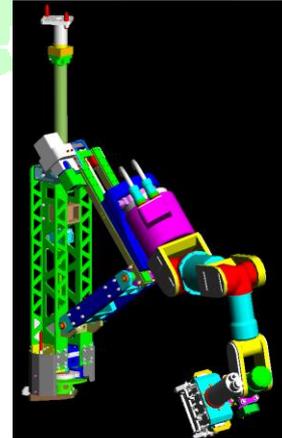
# I. 三菱重工の原子力技術 保全施工技術



溶接部ECT検査用  
特殊プローブ



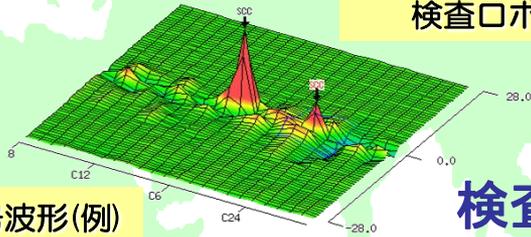
蒸気発生器伝熱管  
検査ロボット



ロボットアーム



遠隔自動溶接



ECT信号波形(例)

検査技術

補修技術

応力改善技術

大型機器取替



ショットニング 応力改善



ウォータージェット 応力改善



蒸気発生器取替工事



炉内構造物取替工事



中央制御盤取替工事

# II. 三菱重工原子力事業の歩み

■ 第1世代: 9 基 6,793 MWe

✓ 輸入と国産化

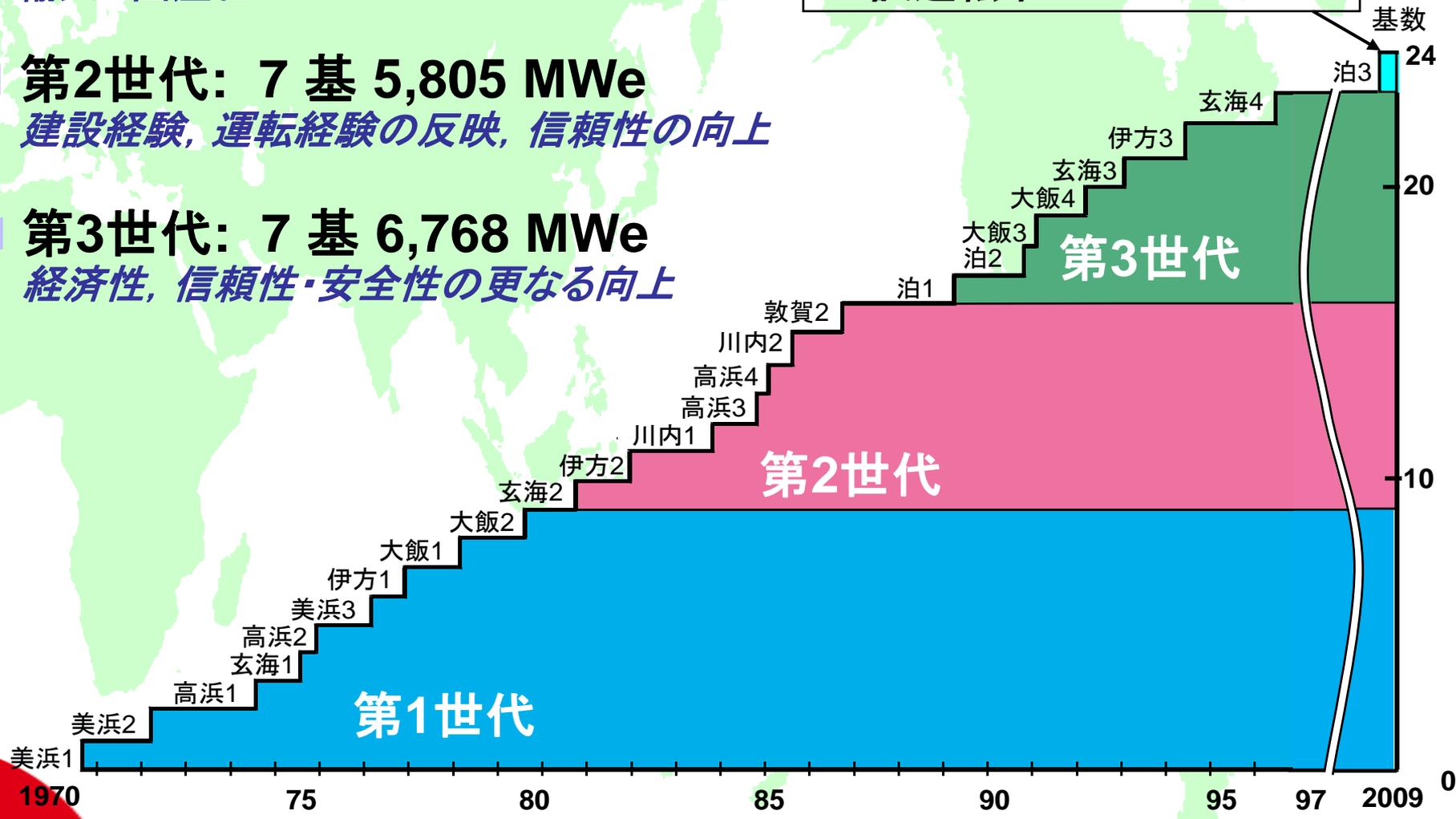
■ 第2世代: 7 基 5,805 MWe

✓ 建設経験, 運転経験の反映, 信頼性の向上

■ 第3世代: 7 基 6,768 MWe

✓ 経済性, 信頼性・安全性の更なる向上

■ 泊3号機: 912 MWe  
✓ 試運転中



## II. 三菱重工原子力事業の歩み

### ■ 単体機器を世界各地に輸出

- ✓ 原子炉容器、上部原子炉容器、蒸気発生器、一次冷却材ポンプ及びタービンについて、豊富な輸出実績

	欧州	米州	アジア	合計
原子炉容器	1	-	3(1)	4(1)
上部原子炉容器	3	16(5)	-	19(5)
蒸気発生器	22 (11)	6(2)	-	28(13)
一次冷却材ポンプ	-	-	8(4)	8(4)
タービン	2	2	6(4)	10(4)



2009年7月現在

( ): 製造中または  
据付前(内数)

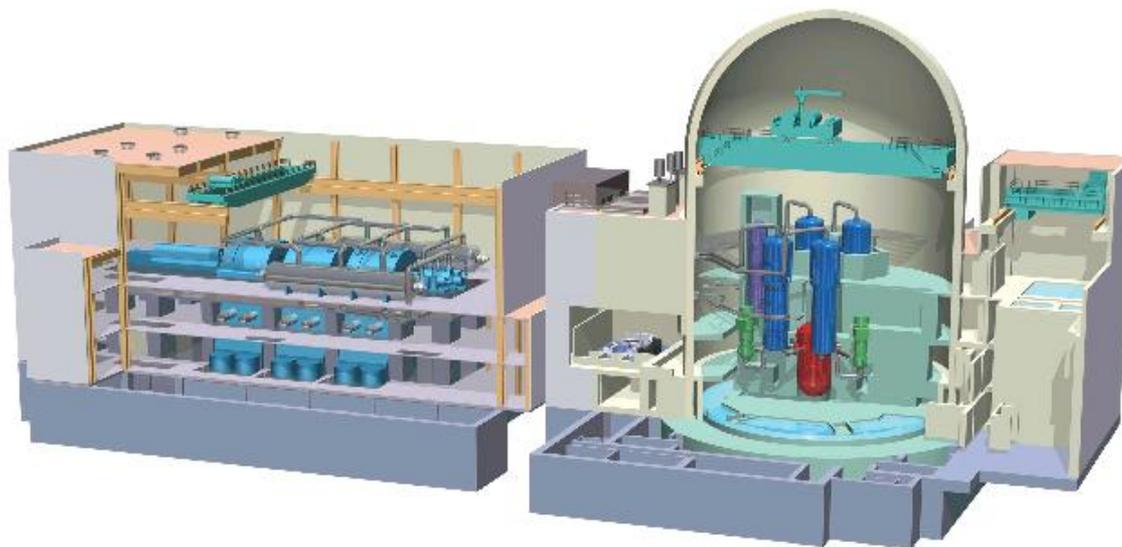
サウステキサス-1 向  
上部原子炉容器

## II. 三菱重工原子力事業の歩み

### US-APWR : 米国向け170万kW級第3世代炉

#### ■ プラントの特徴

- ✓ 世界最大級の電気出力(170万kWクラス)
- ✓ 24ヶ月連続運転による経済性の向上
- ✓ 世界トップレベルの安全性・信頼性
  - ・パッシブ技術とアクティブ技術のベストミックス
  - ・航空機落下対策



## II. 三菱重工原子力事業の歩み

### EU-APWR : 欧州向け170万kW級第3世代炉

#### ■ プラントの特徴

- ✓ US-APWRをベースとした欧州向け大型炉
- ✓ EURや欧州各国独自の規制要求に対応
- ✓ 大型航空機衝突を想定した設計
- ✓ シビアアクシデント対応設備の専用化



# II. 三菱重工原子力事業の歩み

## ATMEA1™ : 110万kW級第3世代炉

### ■ プラントの特徴

- ✓ 電気出力1100MWe(net): 中規模の電力需要にも対応する出力
- ✓ 広い規制適合性: IAEA、米国、欧州、日本の安全基準に適合
- ✓ 各国電力要求にも広く対応: URD(米国)、EUR(欧州)

### ■ AREVA社との協同開発

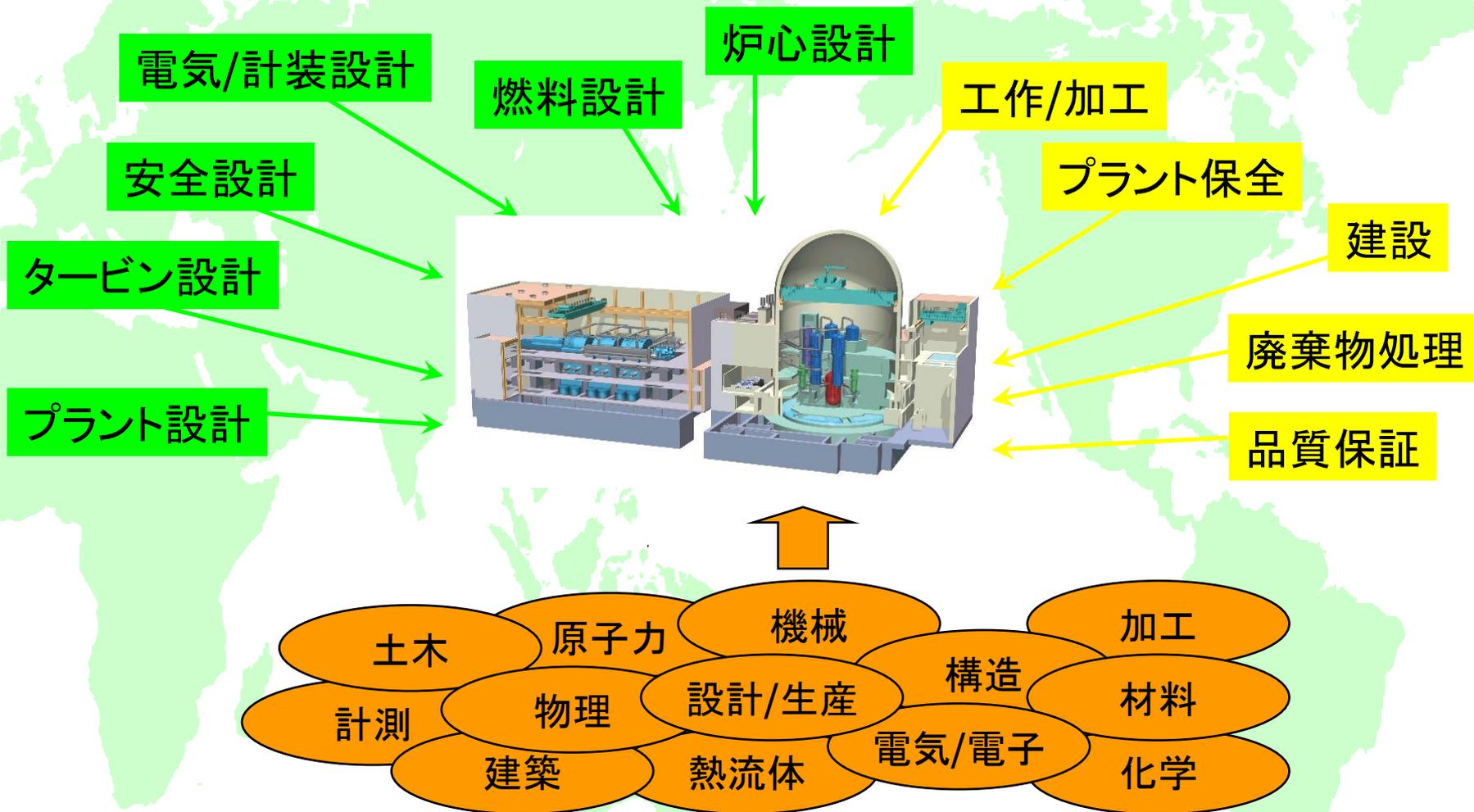
(2007年, JV(ATMEA™社)設立)

- ✓ 世界トップの総合力を持つ、2大原子力メーカーの中型炉開発での協調
  - ① 両社のオリジナル最新技術、経験、実績の反映
  - ② 両社の経営資源の活用

The logo for ATMEA1, featuring a stylized arch above the text "ATMEA1" with a trademark symbol.

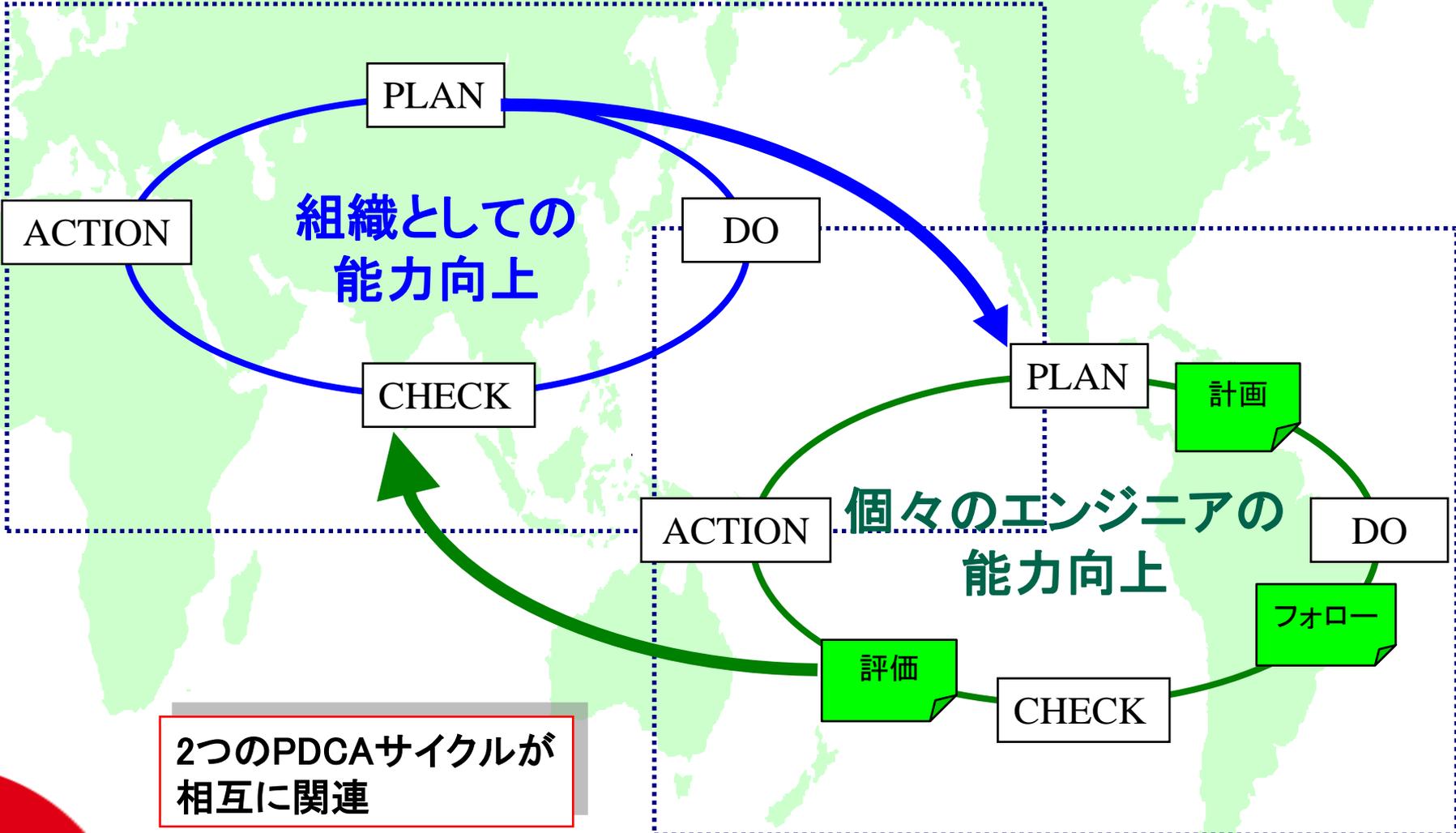


# III. 原子力プラントメーカーに求められる技術力



原子力プラント設計/建設/保全は技術の有機的集合体

# IV.三菱重工の人材育成システム(原子力)と 原子力人材育成への協力 人材育成システムのコンセプト



# IV.三菱重工の人材育成システム(原子力)と 原子力人材育成への協力 エンジニアのためのプログラム

## ■ 実設計のチャンス(実業務が最上の教育)

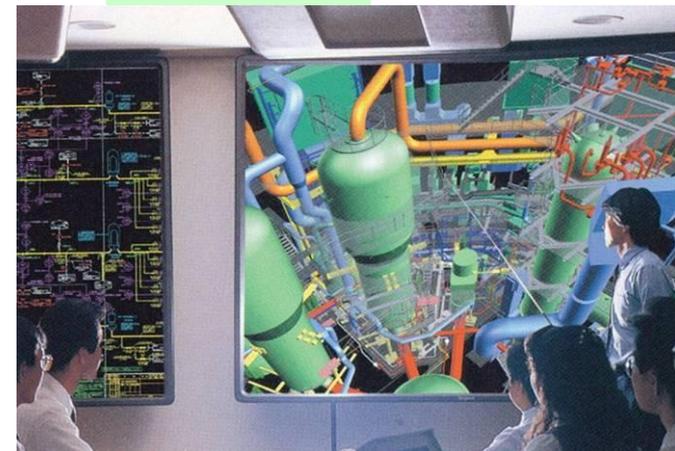
- ✓プラント新設
- ✓大型機器取替

## ■ 技術伝承

- ✓マニュアルやデータベースに経験やノウハウを蓄積(暗黙知→形式知)
- ✓ベテランによるノウハウの伝達
- ✓3D-CADと知識データベースのリンク

## ■ 能力向上のコンピュータ支援

- ✓個人別技術能力向上支援システム
- ✓1年を1サイクルとし, 新人から中堅になるまで適用
- ✓原子力設計部門約600名に適用(全社に適用拡大中)



# IV.三菱重工の人材育成システム(原子力)と 原子力人材育成への協力 現業部門のためのプログラム

- エキスパートによる指導 -

## ■ OJT

- ✓ 作業者への問いかけ/技術根拠の説明
- ✓ 製品の「出来栄え」確認
- ✓ 作業の「勘どころ」指導
- ✓ ルール遵守状況確認



## ■ 座学(ものづくり塾)

- ✓ ノウハウの伝授
- ✓ 失敗事例と対策
- ✓ 原子力工事従事者としての心構え



- 設計部門とのコミュニケーション -

■ 設計と製造が近接 ⇨ コミュニケーションが容易

## IV.三菱重工の人材育成システム(原子力)と 原子力人材育成への協力 社外活動への協力

### ■ 講義(国内) セミナー(海外)

- ✓ 公開ベースの資料による大学での講義  
東大専門職大学院, 福井大, 福井工大, 日本女子大
- ✓ 国の国際協力の一貫として  
原子力産業界合同のベトナム人材育成支援

### ■ 教科書執筆への協力

- ✓ 原子力安全研究協会編 「軽水炉発電所のあらまし」
- ✓ オーム社「原子力プラント工学」(東大専門職大学院)

### ■ 原子力人材育成に関する社外委員会への参加

- ✓ 原子力人材育成関係者協議会(原子力産業協会)
- ✓ 日本原子力学会教育委員会 等

# V. 原子力人材育成における役割分担

製品開発の遂行/技術の維持

産業界

所属組織別

官界

制度・資金面からの支援

学界

研究・教育

運転経験の蓄積

運転

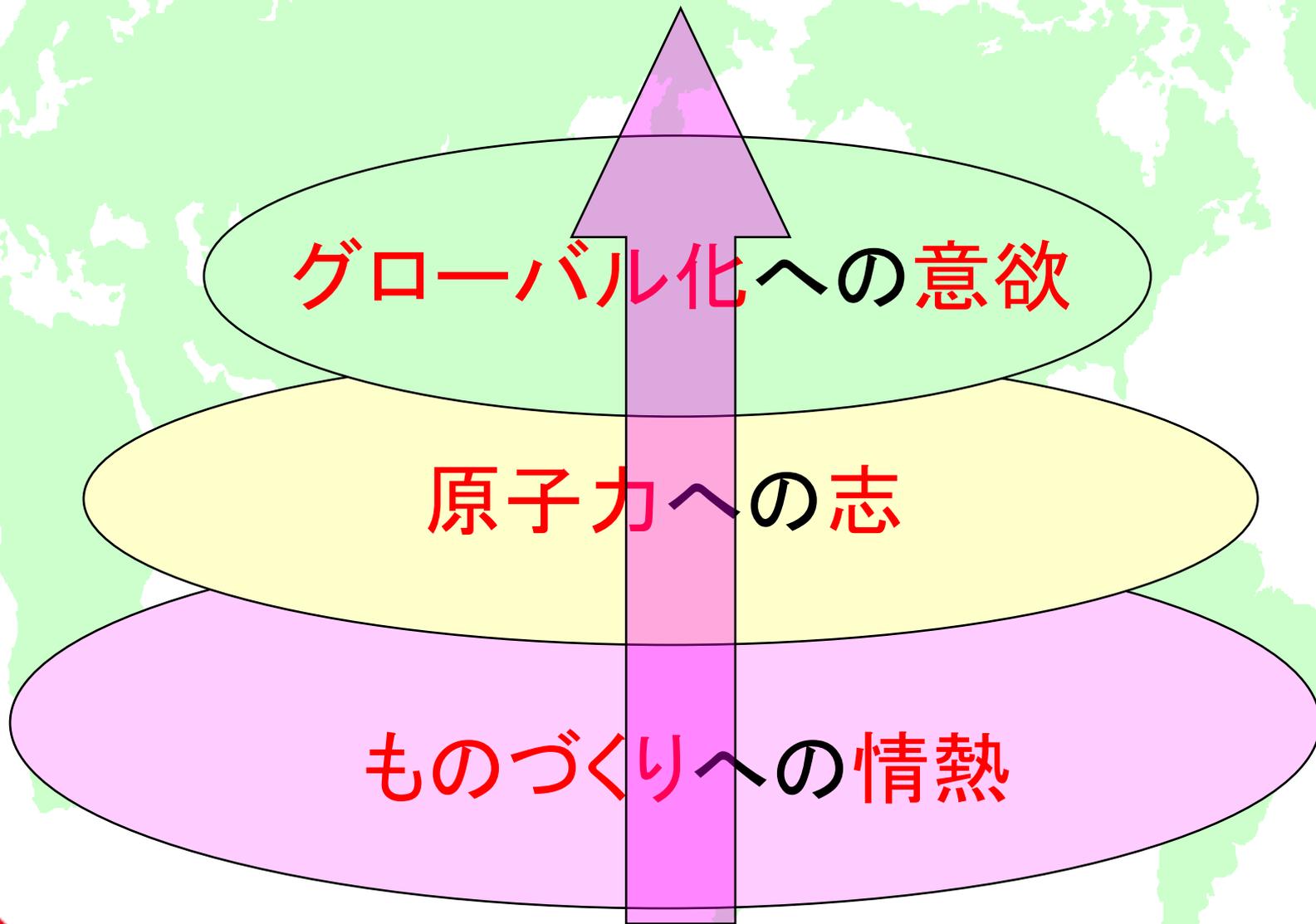
原子力安全保証

規制

機能別  
設計・製造・保守

ものづくり技術の蓄積

# VI. 原子力人材に求めるもの



## VI. 原子力人材に求めるもの 原子力への志

### • ロマン

- 原子力に魅力を感じ、夢を持つ心
- 原子力による社会貢献・地域発展
- 原子力による科学技術の向上

大学に求めるもの：原子力の夢を育む教育

産業界の役割：原子力産業を夢・魅力のある職場とする

### • モラル

- 原子力の安全・安心を基軸とする思い
- 巨大科学技術を預かる者としての心構え
- 技術倫理を優先する確固たる倫理観

大学に求めるもの：技術倫理教育

## VI. 原子力人材に求めるもの グローバル化への意欲

- 異文化に対応する柔軟さ(Cross-Cultural Skills)
  - 相手文化を理解し受容した上で自説を主張し説得する。  
自己の文化をアピールできる。
- チャレンジ精神
- 語学力

大学に求めること：  
海外大学との交流，ネットワーク作り  
コミュニケーション能力の鍛錬

## VII. 卒業生に期待するもの

- 問題を発見し、定義し、解決策を見出す迄の道筋を描ける能力
- 専門分野のみならず一般の理学・工学技術を駆使して深く新しい問題解決を提案できる能力
- コミュニケーションを通して自分の考えを進化させると共に、他のメンバーと共有できる能力
- 想像力(自分以外の立場, 環境からものを見ることが出来る能力)

御静聴ありがとうございました。

